

## Contenido de N, P, K y rendimiento de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn bliss' orgánico asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.)

### Concentration of N,P, K and yield of red raspberry (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn bliss' organic intercropped with lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet.)

<sup>1</sup>Jara-Peña, Enoc, <sup>2</sup>Angel Villegas M. y <sup>3</sup>Prometeo Sánchez G.

#### Resumen

Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la respuesta de la frambuesa 'Autumn Bliss' productora de otoño a la aplicación de un biofertilizante (vermicomposta) asociada con lupino, en condiciones de invernadero en Montecillo, México. En el ensayo se estudiaron 5 niveles de vermicomposta (0, 30, 60, 90 y 120 g maceta<sup>-1</sup>) y 2 niveles de asociación (con o sin lupino) totalizando 10 tratamientos y un tratamiento adicional que consistió de fertilización química (N<sub>100</sub> P<sub>80</sub> K<sub>80</sub>). Como material vegetal se utilizaron brotes adventicios de frambuesa tratadas con frío durante 60 días a 5 °C. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas a los niveles de vermicomposta incorporada al sustrato, y niveles de 60 hasta 90 g maceta<sup>-1</sup> favorecieron las mayores concentraciones de N y K en frambuesa. Cuando la frambuesa se asoció con lupino, permitió una mayor acumulación de P, lo que indica una interacción positiva entre estos elementos. El mayor rendimiento en peso y en número de frutos se obtuvo con la aplicación de 90 g maceta<sup>-1</sup> de vermicomposta. Sin embargo, cuando la frambuesa se asoció con lupino el mayor rendimiento en peso y en número de frutos se obtuvo con aplicación de 120 g maceta<sup>-1</sup> de vermicomposta.

**Palabras clave:** berry, tarhui, vermicomposta, lupino, invernadero

#### Abstract

The present investigation was made with the objective of determining the response of the raspberry 'Autumn Bliss' autumn producer to the application of a biofertilizer (vermicompost) intercropped with lupine, under greenhouse conditions in Montecillo, Mexico. In the experiment 5 vermicompost levels were studied (0, 30, 60, 90 and 120 g pot<sup>-1</sup>) and 2 intercropping levels (with or without lupine) totalling 10 treatments and an additional treatment that consisted of chemical fertilization (N100: P80: K80). As vegetable material cold-treated adventitious buds of raspberry were used for 60 days at 5 °C. Statistically significant differences were found in the levels of vermicompost incorporated to the substrate, and levels of 60 up to 90 g pot<sup>-1</sup> favored greater concentrations of in N and K in raspberry; and when the raspberry intercropped with lupino, permitted a bigger accumulation of P, indicating a positive interaction between these elements. The biggest yield in weight and in number of fruits was obtained with the application of 90 g pot<sup>-1</sup> of vermicompost. However, the biggest yield in weight and in number of fruits was obtained when raspberry intercropped with lupine, with the application of 120 g pot<sup>-1</sup> of vermicompost.

**Key words:** berry, tarhui, vermicompost, lupine, greenhouse.

#### Introducción

La utilización inadecuada de los agroquímicos en los cultivos constituye un riesgo potencial de contaminación y eutrofización

de las aguas dulces por lixiviación de nitratos del suelo (Aparicio-Tejo *et al.*, 2000). En consecuencia, los agroquímicos utilizados en los cultivos han alterado y disminuido la productividad del suelo al alterar su actividad

<sup>1</sup> Laboratorio de Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. Apartado 11-0058, Lima 11. Perú. [ejarap@unmsm.edu.pe](mailto:ejarap@unmsm.edu.pe)

<sup>2</sup> Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados Apartado 56116 Montecillo, México. [avillega@colpos.mx](mailto:avillega@colpos.mx)

<sup>3</sup> Instituto de Recursos Naturales y Edafología. Colegio de Postgraduados Apartado 56116 Montecillo, México. [promet@colpos.mx](mailto:promet@colpos.mx)

microbiana y el balance nutrimental (Ruiz, 1999), además, los problemas de maleza, enfermedades y plagas se han multiplicado a un ritmo alarmante debido a que los residuos de los agroquímicos, en su mayoría tóxicos, han causando efectos negativos en el ecosistema y la salud (Ozorez-Hampton, 1998). Una opción importante para contrarrestar este tipo de problemas es el empleo de abonos orgánicos y biofertilizantes que aportan nutrientes gradualmente al suelo (Compagnoni y Potzulu, 1985) y mejoran las características físicas, químicas y biológicas del suelo incrementando la producción de los cultivos (Trinidad, 1999).

La vermicomposta se considera uno de los abonos orgánicos de fácil adquisición, manejo y producción rápida. Tiene buenas características físicas, químicas, microbiológicas y nutrimentales, y su uso evita la formación de costras, mejora la estructura del suelo, la aireación, retención de agua, drenaje, y aumenta el intercambio iónico y disponibilidad de fósforo (Kulkarni *et al.*, 1996).

Por otra parte, el lupino (*Lupinus mutabelis* Sweet.), una especie oriunda de los Andes de la familia de las leguminosas (Fabaceae), co-

nocida en el norte del Perú y en Ecuador como “chocho” y en el sur Peruano y en Bolivia denominada “tarhui”, se utiliza en los campos con frecuencia como cultivo asociado, intercalándose con papa, maíz, quinua o con algún otro cultivo (Gross, 1982). Cabe indicar que desde épocas remotas se le reconoce al lupino como mejorador de la fertilidad del suelo y fijador del nitrógeno atmosférico; y por sus raíces profundas, buen extractor de los nutrientes de las capas más profundas del suelo. La fijación del nitrógeno atmosférico se lleva a cabo por las bacterias fijadoras de nitrógeno que viven en simbiosis con la leguminosa en sus raíces, implica el intercambio de señales entre la planta y las bacterias, que culmina con la formación de una estructura tumoral normalmente localizada en la raíz, que se denomina nódulo. El funcionamiento del nódulo depende del suministro de carbono, en forma de sacarosa, por parte de la planta. La sacarosa metabolizada hasta ácidos dicarboxílicos sirve de fuente energética a los bacteroides. El amonio fijado por éstos es excretado al citosol de la célula huésped que lo incorpora en forma de amidas o ureidos, los cuales son exportados al resto de la planta,

**Tabla 1.** Caracterización físico-química del suelo usado en el experimento (San Juan Tezontla, México, 2000).

Determinación	Valor	Metodología	Interpretación
Arcilla (%)	34	Hidrómetro de Bouyoucos	Migajón arcillo arenoso
Limo (%)	20		
Arena (%)	46		
Capacidad de campo (%)	20	Olla de presión	--
Punto de Marchitez permanente (%)	9,9	Membrana de presión	--
pH (Relación agua 1:2)	6,75	Potenciometría	Ligeramente ácido
Conductividad Eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	0,65	Potenciometría	No salino
Materia orgánica (%)	2,64	Walkley y Black	Medio
Nitrógeno total (%)	0,14	Microkjeldahl	Medio
P disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	9,00	Olsen	Medio
K intercambiable (cmoles <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	1,21	CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> 1N pH 7	Medio
Ca intercambiable (cmoles <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	8,00		Medio
Mg intercambiable (cmoles <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	5,30		Medio
Sodio intercambiable (cmoles <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	0,51		--
Zinc (mg kg <sup>-1</sup> )	1,82		Adecuado
Manganeso (mg kg <sup>-1</sup> )	5,24	DTPA	Adecuado
Hierro (mg kg <sup>-1</sup> )	3,82	DTPA	Bajo
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	1,78	DTPA	Bajo

Fuente: Laboratorio de Nutrición Vegetal y Laboratorio de Física de Suelos de la Especialidad de Edafología. C. P.

que puede satisfacer así su requerimiento de nitrógeno en ausencia de nitrógeno mineral del suelo (Hansen, 1994). Asimismo, el lupino tiene la capacidad de solubilizar los nutrimentos del suelo como el potasio y fósforo, y hacerlos disponibles para las plantas, y se adapta a un amplio rango de temperaturas, a condiciones de baja precipitación fluvial y suelos con baja fertilidad (Gross, 1982). Se reportan que *Lupinus albus*, *Lupinus cosentinii* y *Lupinus angustifolius* tienen la capacidad de movilizar y solubilizar fósforo de fuentes normalmente no aprovechables para otros cultivos (Jungk et al., 1993, Bolland, 1995) permitiendo autoabastecerse de este nutrimento (Espinoza, 1997), y favorecer a la planta en asociación, particularmente durante la fase de floración (Yágodin, 1986). Entre los mecanismos que estas especies utilizan para solubilizar y en la absorción de nutrimentos se tienen la absorción selectiva de cationes básicos que baja el pH de la rizósfera, desorción de fósforo de óxido de aluminio y hierro por intercambio de aniones, secreción de ácido cítrico, iones citrato y otros compuestos carboxilados hasta en un 23% del peso seco de la planta, en comparación con la alfalfa sólo los secreta en un 0,3%

de su peso seco y diferencia en el sistema radical, lo que da lugar exudaciones de citrato y malato, y secreción de fosfatasa ácida y iones  $H^+$  (Gardner, 1983; Dinkelaker et al., 1989, Ozawa et al., 1995; Johnson et al., 1996). En consecuencia, permiten autoabastecerse de ciertos nutrimentos, y hacerlo disponible a la planta en asociación (Espinoza, 1997). En base a lo anterior, el objetivo de esta investigación fue cuantificar la concentración de N, P y K y el rendimiento en frambuesa con o sin vermicomposta.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, México; en el periodo de agosto a diciembre del año 2000. Como sustrato se utilizó suelo de un huerto de frambuesa y sus características físicas y químicas con sus metodologías de determinación e interpretación se presentan en la Tabla 1. Es un suelo migajón arcillo-arenoso, con pH casi neutro, con contenido medio de materia orgánica, sin problemas de sales, fósforo Olsen medio, potasio intercambiable medio y alto en

**Tabla 2.** Propiedades físico-químicas de la vermicomposta usado en el experimento.

Determinación	Valor	Metodología
Humedad (%)	14,80	Estufa 105 °C/48 h
pH (1:4)	7,67	Potenciometría
Materia orgánica (%)	24,20	Walkley y Black
Nitrógeno total (%)	1,40	Microkjeldahl
Fósforo (%)	1,20	Digestión húmeda
Potasio (%)	0,67	Digestión húmeda
Calcio (%)	3,00	Digestión húmeda
Magnesio (%)	0,98	Digestión húmeda
Zinc total (mg kg <sup>-1</sup> )	291,00	Digestión húmeda
Manganeso total (mg kg <sup>-1</sup> )	520,00	Digestión húmeda
Hierro total (mg kg <sup>-1</sup> )	14243,00	Digestión húmeda
Cobre total (mg kg <sup>-1</sup> )	85,00	Digestión húmeda
Boro total (mg kg <sup>-1</sup> )	73,00	Digestión húmeda
Carbono orgánico (%)	14,00	---
Relación C/N	10,4:1	---

Fuente: Laboratorio de Nutrición Vegetal y Laboratorio de Física de Suelos de la Especialidad de Edafología C. P.

calcio y magnesio intercambiables.

La vermicomposta se consiguió de la planta de composteo de San Juan Tezontla, y sus características físicas y químicas se presentan en la Tabla 2. Se observa en este cuadro que el contenido de humedad es de 15%, pH 7,67, materia orgánica 24,2%, nitrógeno total 1,35% y fósforo total 1,23%. Como material biológico se utilizaron brotes adventicios de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) “Autumn Bliss” productora de otoño, los cuales fueron tratados con frío durante 60 días a 5 °C. Los tratamientos se generaron de un factorial completo  $5 \times 2$  más un tratamiento adicional, en donde 5 indica niveles de vermicomposta (0, 5, 10, 15 y 20 t ha<sup>-1</sup>) y 2 niveles de asociación de frambuesa con lupino, con y sin lupino (Tabla 3). El tratamiento adicional consistió en el uso de una fórmula de fertilización (100-80-80 NPK) que ha dado el mejor resultado en el desarrollo y rendimiento de frambuesa en el mismo tipo de suelo que se usó en este trabajo. Posteriormente se trasplantó la frambuesa, y el lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.) se sembró después de que las plantas de frambuesa lograron su establecimiento. Se tomó el cuidado de mantener el contenido de humedad del suelo dentro del intervalo del porcentaje de humedad aprovechable mediante la

aplicación de riegos periódicos usando el método gravimétrico.

La distribución de los tratamientos se hizo usando el diseño experimental completamente al azar con 9 repeticiones. La unidad experimental fue una maceta de tamaño adecuado para colocar en ella 6 kg de suelo. La vermicomposta de acuerdo a los diferentes tratamientos se mezcló en los 6 kg de suelo calculando en base a un peso de  $3 \times 10^6$  kg ha<sup>-1</sup>. El análisis estadístico se hizo mediante un análisis de varianza. Se realizó la prueba de comparación de medias múltiple de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS, 1997).

La respuesta de la frambuesa a los tratamientos se evaluó a los 90 días después de iniciado el experimento y análisis de N, P, K, en el tejido foliar de la planta.

Para determinar el contenido de nitrógeno se realizó por el método de semimicro Kendahl modificado para incluir nitratos (Bremner, 1965). Para cuantificar P, K, se realizó por digestión húmeda utilizando en cada caso las siguientes metodologías: el fósforo se analizó por colorimetría en un Spectronic 20 D, Milton Ray Company, por medio del método de Vanadato-Molibdato amarillo citado por Olsen

**Tabla 3.** Tratamientos y dosis de aplicación de vermicomposta en frambuesa asociada con lupino.

Tratamientos	Fuentes		Dosis de aplicación (g maceta)	Identificación
	Vermicomposta	lupino		
1	suelo agrícola	*0	0	V0
2	Vermicomposta	0	30	V30
3	Vermicomposta	0	60	V60
4	Vermicomposta	0	90	V90
5	vermicomposta	0	120	V120
6	suelo + lupino	1	0	V0 + L
7	vermicomposta + lupino	1	30	V30 + L
8	vermicomposta + lupino	1	60	V60 + L
9	vermicomposta + lupino	1	90	V90 + L
10	vermicomposta + lupino	1	120	V120 + L
11	fertilización mineral (N-P-K)	1	100-80-80	TA

\* 0: Sin asociación, 1: con asociación, TA: tratamiento adicional

**Tabla 4.** Contenido de N, P, K foliar en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) ‘Autumn Bliss’

Tratamientos	N	P	K
	-----mg g <sup>-1</sup> -----		
TA	33,50 bc <sup>§</sup>	2,12 c	17,5 c
V0	27,00 d	1,45 i	5,10 d
V30	32,50 bc	1,67 g	16,65 c
V60	34,50 abc	1,76 f	18,20 c
V90	39,50 a	1,85 ef	25,30 a
V120	35,70 ab	1,85 ed	21,50 b
V0 + L	29,95 d c	1,53 h	15,85 c
V30 + L	32,00 bcd	1,90 d	16,20 c
V60 + L	32,90 b c	2,10 c	17,30 c
V90 + L	34,40 abc	2,32 b	18,30 c
V120 + L	32,10 bdc	2,40 a	15,65 c
DMS	5,20	0,1	2,7
<b>Vermicomposta</b>			
V0	28,50 b	1,49 e	11,20 d
V30	33,40 ab	1,78 d	16,50 c
V60	33,6 ab	1,93 c	18,20 b
V90	36,00 a	2,10 b	18,70 b
V120	33,90 ab	2,13 a	20,50 a
DMS	3,20	0,03	1,50
Con lupino	32,20 b	2,10 a	16,60 b
Sin lupino	33,90 a	1,71 b	17,30 a
DMS	1,3	0,016	0,65

§ Valores con las mismas letras en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha=0,05$ )

*et al.* (1954). El potasio fue determinado por emisión flama en un espectrofotómetro de absorción atómica IL-551.

## Resultados

### Nitrógeno

Para este elemento se encontraron diferencias estadísticamente significativas en vermicomposta (V), lupino (L) y con la interacción de V\*L (Tabla 5). En la separación de medias por la prueba de Tukey las mayores

concentraciones se obtuvieron con los tratamientos V90 y V120 con valores de 35,7 mg g<sup>-1</sup> y 39,5 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 4).

### Fósforo (P)

Para este nutrimento se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas por tratamientos, con el factor vermicomposta (V), lupino (L), la interacción de V\*L tratamiento adicional (Tabla 6). En la separación de medias por la prueba de Tukey, las mayores concentraciones

**Tabla 5.** Análisis de varianza del contenido de nitrógeno en hojas de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) ‘Autumn Bliss’.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr>F
Tratamientos	10	2,0354	0,2035	11,83	**
Vermicomposta (V)	4	1,1952	0,2988	17,37	**
Lupino (L)	1	0,1264	0,1264	7,34	*
V*L	4	0,7103	0,1776	10,32	**
Trat adicional vs Factorial	1	0,0035	0,0035	0,20	<1
Error	11	0,1897	0,0172		
Total	21	2,2251			

\*: significancia al 0,05, \*\*: significancia al 0,01

**Tabla 6.** Análisis de varianza de contenido de fósforo en hojas de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss'.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr>F
Tratamientos	10	1,850	0,185	205,55	***
Vermicomposta (V)	4	1,031	0,258	286,70	***
Lupino (L)	1	0,575	0,575	638,90	***
V*L	4	0,152	0,038	42,22	***
Trat adicional vs Factorial	1	0,092	0,092	102,22	***
Error	11	0,01	0,00090		
Total	21	1,86			

\*\*\*: significancia al 0,001

**Tabla 7** Análisis de varianza de contenido de potasio en hojas frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss'.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr>F
Tratamientos	10	4,7832	0,4783	106,29	**
Vermicomposta (V)	4	2,0352	0,5088	113,07	**
Lupino (L)	1	0,0224	0,0224	4,98	*
V*L	4	2,7211	0,6802	151,16	**
Trat adicional vs Factorial	1	0,0224	0,0224	4,98	*
Error	11	0,0501	0,0045		
Total	21	4,8333			

\*: significancia al 0,05

**Tabla 8.** Análisis de varianza de número de frutos en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss'.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr>F
Tratamientos	10	6516,9870	651,6987	12,48	***
Vermicomposta (V)	4	4297,3428	1074,3357	20,58	***
Lupino (L)	1	408,0143	408,0143	7,81	**
V*L	4	1583,6286	395,9071	7,58	**
Trat adicional vs Factorial	1	228,0013	228,0013	4,37	*
Error	66	3445,7143	52,2078		
Total	76	9962,1013			

\*: significancia al 0,05, \*\*: significancia al 0,01, \*\*\*: significancia al 0,001

**Tabla 9.** Análisis de varianza de peso de frutos en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss'.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculada	Pr>F
Tratamientos	10	158783,4545	15878,3455	54,09	***
Vermicomposta (V)	4	129671,23	32417,8071	110,44	***
Lupino (L)	1	809,2000	809,2000	2,76	NS
V*L	4	27633,51	6908,3766	23,53	***
Trat adicional vs Factorial	1	669,52	669,5116	2,28	NS
Error	66	19373,71	293,5411		
Total	76	178157,17			

NS: No significativa, \*\*\*: significancia al 0,001



nes se obtuvieron con V120+L V90+L con valores de 2,4 y 2,32 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 4), y en general, la concentración foliar de P con los tratamientos de asociación de frambuesa y lupino fue mejor que los tratamientos con vermicomposta solamente.

### Potasio (K)

También se encontraron diferencias estadísticamente significativas para vermicomposta (V), lupino (L), la interacción de V\*L y con tratamiento adicional (Tabla 7). Asimismo, en la separación de medias por la prueba de Tukey las mayores concentraciones se obtuvieron en V90 y V120 con 21,50 mg g<sup>-1</sup> y 25,30 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabla 4). Mientras que el testigo sólo 17,3 mg g<sup>-1</sup>.

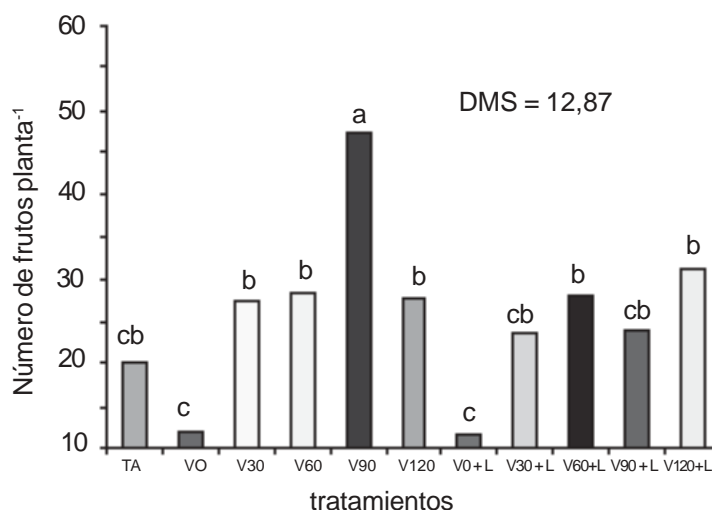
### Rendimiento

Cuando se realizó el análisis de varianza de número de frutos (NF) se encontraron diferencias estadísticamente significativas con vermicomposta (V), lupino (L), la interacción V\*L y con el tratamiento adicional (Tabla 8). En la separación de medias por la prueba de Tukey los mayores valores se obtuvieron en V90 V120+L con 47 y 31 frutos por planta, respectivamente (Fig. 1). Para el peso de frutos (PF) se encontraron diferencias estadísticamente signi-

ficativas por tratamiento, vermicomposta (V) y la interacción V\*L (Tabla 9). En la separación de medias por la prueba de Tukey se presentaron diferencias en PF por tratamiento, y los mayores valores se obtuvieron en V90 y V120+L con 255 y 230.86 g de PF por planta (Fig. 2), respectivamente.

### Discusión

La acumulación de N en la frambuesa tendría como fuente la fijación del N<sub>2</sub> atmosférico, a partir de la transformación del nitrógeno orgánico de la vermicomposta a nitrógeno disponible para la planta, y este proceso depende de una serie de factores: temperatura del suelo, humedad, aireación y pH bajo que favorece la desnitrificación (Havlin *et al.*, 1999), considerando que solamente del 15 a 20% de N orgánico de la vermicomposta se mineraliza al año (Brady y Ray, 1999). Por otra parte, en cuanto a los estándares de concentración foliar para frambuesa, de acuerdo a los requerimientos nutrimentales para este cultivo propuesto por Crandall (1995), se considera que el rango entre 25-40 mg g<sup>-1</sup> de N es óptimo. Referente a trabajos realizados con esta variedad, Poblete (2000) obtuvo 87 mg g<sup>-1</sup> de N en hojas de plantas en condiciones de hidroponía, mientras que Campos (2000) en plantas de frambuesa no

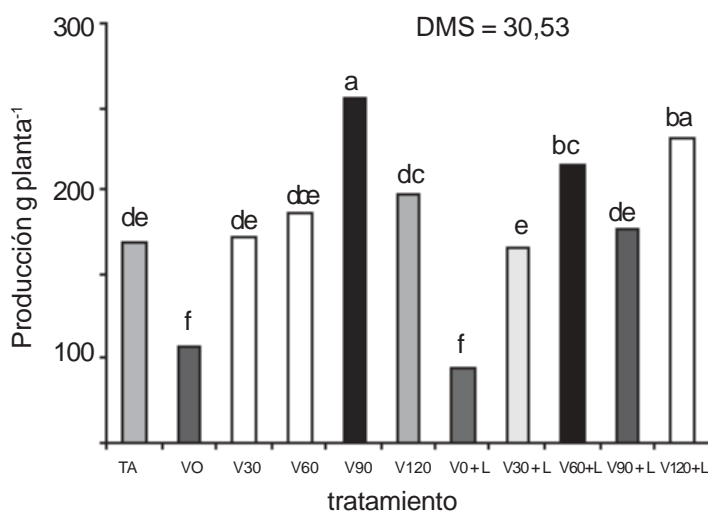


**Figura 1.** Número de frutos en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss' cosechados desde diciembre del 2000 a enero del 2001 en Montecillo, México.

micorrizadas obtuvo 29,7 mg g<sup>-1</sup> de N. En base a estos trabajos las concentraciones obtenidas se considerarían como adecuadas.

En general, los valores de concentración de P obtenidos son bajos de acuerdo a los estándares de concentración foliar para frambuesa roja reportado por Benton *et al.* (1991). Se considera que un rango entre 3-5 mg g<sup>-1</sup> de P es óptimo. Se conoce que la movilidad del P es baja, dado que su mineralización se realiza paulatinamente. La hidrólisis de P orgánico es mediada por la actividad de una ectoenzima denominada fosfatasa ácida liberada por bacterias y hongos, o secretada por las raíces, particularmente en la zona apical (Dinkelaker y Marschner, 1992). Una alta actividad de la fosfatasa ácida ha sido comprobada en la rizósfera de plantas cultivadas en suelos con niveles bajos en fósforo. En cuanto al sistema de asociación con diferentes especies de lupino se han obtenido respuestas favorables; así Horst y Waschkes, citado por Marschner (1995), señala que en la asociación de *Lupinus albus* con trigo cultivado en suelo con pH 6,5 deficiente en P fertilizado con roca fosfórica y nitrato, el trigo absorbió 42,3 mg de P por maceta; Rodas *et*

*al.* (2001) en la asociación de *Lupinus mutabilis* y maíz obtuvieron mayor contenido de nitrógeno, fósforo y de materia. Algunas investigaciones realizadas en especies de lupino, como en *L. albus*, *L. consentinni* y en *L. angustifolius* y en particular *Lupinus albus* han permitido conocer la capacidad de solubilizar y movilizar fósforo de fuentes no aprovechables para los demás cultivos (Peiter *et al.*, 2000). Entre los mecanismos que estas plantas utilizan se señalan la absorción selectiva, la cual tiende a abatir el pH de la rizósfera (Aguilar, 1981); desorción de fósforo de óxido de Fe y Al por intercambio de aniones (Dinkelaker *et al.*, 1989), secreción de ácido cítrico y iones citrato, que son los compuestos dominantes en los exudados de las raíces proteiodes desarrolladas (Gardner *et al.*, 1983), que permiten movilización eficiente de P tanto en suelos calcáreos como ácidos. La alta secreción de ácido cítrico local aún acidifica suelos calcáreos y moviliza moderadamente el fosfato de calcio soluble por la disolución y formación de citrato de calcio soluble en la rizósfera. La acidificación de la rizósfera no solamente moviliza P sino también Fe, Mn y Zn (Dinkelaker *et al.*, 1989) y secreción de



**Figura 2.** Producción de fruto en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss' cosechados desde diciembre del 2000 a enero del 2001 en Montecillo, México.



iones  $H^+$ , que ha sido demostrada en *L. arboreus* (Espinosa, 2000).

Asimismo, los valores de K obtenidos están considerados dentro del intervalo normal de suficiencia, de acuerdo a los estándares reportados por Crandall (1995) y Mills *et al.* (1996). Cabe indicar que la concentración de Mg obtenida fue baja; se señala que la absorción de Ca y Mg se reduce por influencia del potasio (Mills *et al.*, 1996). También Spiers (1993) señala que con fertilización potásica en zarzamora 'shawnee' obtuvo incremento en la concentración foliar de K, pero una disminución de Mg y Zn. Por otra parte, las concentraciones adecuadas de N y K obtenidas de acuerdo a los índices de suficiencia para esta especie indicarían una interacción positiva de N:K, y N:P (Jara-Peña *et al.*, 2002).

El mayor rendimiento en peso y número de frutos se obtuvo con la aplicación de 90 g maceta<sup>-1</sup> de vermicomposta, pero cuando la frambuesa se asoció con lupino el mayor rendimiento en peso y número de frutos se obtuvo con la aplicación al sustrato de 120 g maceta<sup>-1</sup> de vermicomposta. Sin embargo, los valores de rendimiento obtenidos son inferiores a lo obtenido por Poblete (2000), cuyo rendimiento fue de 273,67 g planta<sup>-1</sup> para esta misma variedad y en condiciones de hidroponía. Por otra parte, Miles et al. (2001) al evaluar el desarrollo del tomate con vermicomposta y con fertilización química observaron que el tomate cultivado en vermicomposta produjo flores y frutos similares a lo que se obtiene con fertilización convencional.

## Literatura citada

- Aguilar S., A. y V. Diese. 1981. Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake patterns of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant Soil* 61:27-42.
- Aparicio-Tejo, P. M., C. Arrese-Igor, y M. Becana. 2000. Fijación biológica de nitrógeno. pp.247-260 In: *Fundamentos de Fisiología Vegetal* Mc.Graw-Hill Interamericana de España, SAU. Madrid.
- Benton, J., B. Wolf and H. Mills. 1995. *Plant Analysis handbook*. Micro-macro publishing, Inc. USA, 213 pp.
- Brady, N. C. and R. Ray. 1999. *The nature and properties of soils*. 12 th edition. Prentice Hall, New Jersey. USA.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen In: *Methods of soil analysis*. Part 2 C.A. Black (Ed.) American Society of Agricultural. Madison, Wisconsin, pp. 1149-1178.
- Bolland, M. D. 1995. *Lupinus Consentinii* more effectively utilizes low levels of phosphorus from superfosphate than *Lupinus angustifolius*. *J. Plant Nutr.* 13: 421-435.
- Campos M., L. 2000. Fertilización y micorriza en frambuesa (*Rubus idaeus* cv. Mailing Autumn Bliss, cultivada en tepetate de mina. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Montecillo, México.
- Crandall, P. 1995. *Bramble production: the management and marketing of raspberries and blackberries*. Food products Press. USA. 212 pp.
- Compagnoni, A and C. Potzolu. 1985. *Guía moderna de lombrices y utilización de rentable del humus*. De Vecchi. Barcelona. 128 pp.
- Dinklaker, B, V. Römheld and H. Marschner. 1989. Citric acid excretion and precipitation of calcium citrate in the rizosphere of lupine white (*Lupinus albus* L.). *plant Cell and environmental*. 12:285-292.
- Dinklaker, B and H. Marschner. 1992. In vivo demonstration of acid phosphatase in the rizosphere o soil-grown plants. *Plant and Soil* 144: 199-205.
- Espinosa H., V. 1997. Nutritional ecology of legume species with particular reference to *Lupinus arboreus* and phosphorus. Tesis de Doctorado. Universidad de Oxford, Inglaterra, 235 pp.
- Espinosa H., V. 2000. Comparison of acquisition and mobilization of P from calcium phosphate by *Lupinus arboreus* and other species, pp. 221-227 In: *La Edafología y sus perspectivas al siglo XXI*. Quintero-Lizaola, T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibáñez-Huerta y N.E García-Calderón (Eds.). Tomo II. Colegio de Postgraduados, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Gardner, W. K., D. G. Parbey and D. A. Barber 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. III *Plant and Soil* 70:107-124.
- Gross, R. 1992. El cultivo y la utilización del tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet. Estudio FAO: Producción y Producción vegetal 36, organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 236 pp.

- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale. And. W. L. Nelson. 1989. Soils fertility and fertilizer. An introduction to nutrient management. Prentice-Hall. Sixth edition. New Jersey. USA.
- Hansen, A. P.1994. Symbiotic N<sub>2</sub> fixation of crop legumes. Margraf Verlag, Weikersheim, Gernany, 275 pp.
- Jara-Peña, E., A. Villegas M. P.Sánchez G. 2002. Contenido de N, P, K y Ca y crecimiento productivo de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Autumn Bliss' con vermicomposta asociada con lupino (*Lupinus mutabilis* Sweet.) in p. 104. Libro de resúmenes Octavo Congreso Latinoamericano y Segundo colombiano de Botánica. Rangel-Ch., J. O.,J.Aguirre-C y M.G. Andrade-C (eds.). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Johnson, J. F., D. L. Allan, C. P. Vance, and G. Weiblen. 1996. Root carbon dioxide fixation by phosphorus deficient *Lupinus albus*. Contribution to organic acid exudation by proteoid roots. *Plant physiology* 112: 19-30.
- Junk, A., B. Seeling, J. Gerke y N. J. Barrow. 1993. Mobilization of different phosphate fractions in the rhizosphere. *Plant Soil* 54: 155-156.
- Kulkarni, B. S.; U. G. Nalawadi and R.S. Giraddi. 1996. Effect of vermicompost and vermiculture on growth and yield on china aster (*Callistephus chinensis* Nees.) cv. Ostrich Plume mixed. *South Indian Horticulture*. 44: 33-35 (Abstr).
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. Second edition. London., UK.
- Mills, H. A. and J.Benton Jones, Jr. 1996. Analysis handbook II Micro-macro publishing, Inc. USA, 492 pp.
- Miles, J. F., M. M. Peet and P. V. Nelson. 2001. Plant development of greenhouse tomatoes in organic media and fertilizer. *HortScience* 36: 483-484.
- Olsen, O., R. V. Cole, F. S. Watanabe and C. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. Agr. Circ. pp. 939-943.
- Ozawa,, K., M. Osaki, H. Matsul, H. Honma, and T. Tadano. 1995. Purification and properties of acid phosphatasa secreted from lupine roots under phosphorus, deficiencias conditions. *Soil Science and plant Nutrition* 41:461-469.
- Ozorez-Hampton, M. 1998. Compost, an alternative weed control method. *HortScience* 33: 938-940.
- Peiter, E., F. Yang and S. Schubert. 2000. Are mineral nutrients a critical factor for lime intolerance of lupines? *J. Plant. Nutr.* 23: 617-635.
- Poblete Q., I. E. 2000. Desarrollo de la frambuesa (*Rubus idaeus* L.) en diferentes niveles de salinidad. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecilo, México.
- Rodas C., A. R. Núñez, V. Espinoza y G. Alcantar. 2001. Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un andosol. *Terra* 19: 141-154.
- Ruíz, J. F. 1999. Tópicos sobre agricultura orgánica. Universidad Autónoma Chapingo, México, 578 pp.
- SAS INSTITUT. 1997. SAS/STAT User guide. Release 6.12 edition, Cary, N.C, USA.
- Spiers, J. M., 1993. potassium and sodium fertilization effect leaf nutrient contents and growth of 'Shanee blackberry'. *J. Plant. Nutrition* 16: 297-303.
- Trinidad, S. A. 1999. El papel de los abonos orgánicos en la producción de los suelos, pp. 3-16 In: Memorias del primer simposium internacional sobre lombricultura y abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Yágodin, B. A. 1986. Agroquímica. Editorial MIR. Moscú. Traducido al español por Ramiro Rincón, 464 pp.